

강원도 평창군 중왕산 지역 다릅나무의 입지별 성장량¹

이돈구², 권기철², 엄태원²

Growth of *Maackia amurensis* at Different Sites of Mt. Joongwang, Kangwon-Do, Korea¹

Don Koo Lee², Ki-Cheol Kwon² and Tae-Won Um²

요 약

다릅나무의 입지별 성장특성을 알아보기 위해 강원도 평창군 중왕산 지역에서 30m×30m 크기의 조사구 28곳을 선정하여 식생 및 환경조사를 실시하였으며, 그 중 해발고가 약 100m 간격으로 있는 5곳의 조사구에서 각각 다릅나무 2그루씩을 선택하여 수간석해를 하였다. 그 결과, (1) 다릅나무의 수고 생장은 모든 입지에서 평균 10년까지 평균 수고 성장량이 급격한 증가를 보이다가 점차 감소하는 경향을 보였으며, 특히 해발 1,020m 이상에서 수고생장이 크게 감소하였다. (2) 다릅나무는 유리한 환경에서 매우 빠른 초기 수고생장과 재적 성장을 보여 물질 생산력이 높은 것으로 나타나 층층나무와 거제수나무와 같은 초기침입수종이 가지는 성장전략을 보여주었다. (3) 천연림에서 다릅나무의 경제적 벌기령은 50년 이상인 것으로 나타났으며, 특히 해발 840m에서는 경제적 벌기령이 60년 이상으로 나타나 고지대에 비해 더 우수한 성장을 보여주고 있었다. (4) 다릅나무는 수령 40년 이상에서도 경쟁목의 고사 등으로 주변 환경이 개선되면 재적성장량이 크게 증가하는 특성을 보였다.

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the growth patterns of *Maackia amurensis* growing in natural forest of Mt. Joongwang, Pyongchang-Gun, Kangwon-Do, Korea. The 28 sample plots (30m×30m) were established to examine the vegetation and environmental conditions for *M. amurensis* forest. Stem analysis was performed on two sample trees of *M. amurensis* for each of the 5 plots situated at intervals of one hundred meters by altitude. The results obtained were as follows: (1) Height growth of *M. amurensis* increased with increasing age until 10 years, and then decreased thereafter, especially at altitude of 1,020m. (2) *M. amurensis* showed rapid early growth of height and volume, indicating high biomass production under favorable environment. This growth pattern is typical of pioneer species such as *Cornus controversa* and *Betula costata*. (3) The rotation age of natural *M. amurensis* forest was estimated at above 50 years, and especially at about 60 years in 840m above the sea level. (4) Growth of *M. amurensis* increased greatly at about 40 years when released from severe competitions.

Key words : *Maackia amurensis*, growth, stem analysis, site, rotation age

¹ 접수 2000년 8월 7일 Received on August 7, 2000.

² 서울대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul Natl. Univ., Suwon 441-744, Korea.

서론

1960년대부터 거국적으로 실시된 산지녹화사업은 황폐 산지의 복구라는 당면과제에 의하여 침엽수류 위주의 속성수로 주로 조림되어왔다. 대면적으로 조림된 침엽수 위주의 단순림 조성은 병, 해충에 약하고 일부 지역에서는 조림실패지가 나타나는 등, 오늘날에 와서 생태적, 경제적으로 일부 문제점이 발견되고 있는 실정이다. 이에 따라 1987년부터 시작된 산지자원화 계획은 단순한 조림지의 관리뿐만 아니라 전산림의 70%에 달하는 천연림의 관리에도 중점을 두게 되었으며, 유용 활엽수의 바이오매스 자원 연구의 필요성이 증대되었다(이, 1995).

다릅나무(*Maackia amurensis*)는 산지에서 자라는 낙엽활엽교목이며, 콩과식물로서 질소고정을 하고 주로 산림 지역의 교란이후 나타나는 초기 수종이다. 다릅나무는 목재 및 수피의 염료 이용으로 유용한 목재 자원일 뿐만 아니라, 황폐지 복원시 해발고가 높은 산지에서 이용할 수 있는 유용한 바이오매스 이용 자원이기도 하다(이, 1998). 다릅나무의 생태적 특징은 해발 1,000m 이상의 비교적 고지대까지 분포하고 있으며, 많은 광을 요구하는 양수이기 때문에 주로 임관이 열린 개방지역에 군집을 이루며 자라고 있다(이, 1998).

유용 활엽수종의 바이오매스 자원 활용방안을 강구하기 위해서는 먼저 그 수종의 성장양상을 구명할 필요가 있으나, 아직 우리나라에서는 천연활엽수림에서의 성장량에 관한 연구가 거의 이루어지지 않았다. 이에 본 연구의 목적은 강원도 평창군 중왕산 지역에 분포하고 있는 다릅나무의 입지별 생장을 알아보는 것이다.

재료 및 방법

2.1 연구대상지

강원도 평창군 중왕산 지역은 북위 37° 25' -30', 동경 128° 30' -35' 에 위치하여 있으며, 기후대로는 온대 중부 및 북부에 속한다(Yim, 1977). 연평균 최고, 최저 기온은 각각 10.5°C와 2.3°C이고 연평균 상대습도는 73.1%

이다(이, 1992). 121임반부터 129임반까지 다릅나무가 우점하는 곳에 설정하였다(Fig. 1). 조사된 다릅나무 군집의 해발고 분포는 790m에서 1,170m 사이이며, 평균경사도는 24° 이고, 주 분포지는 큰 계곡부의 소능선을 중심으로 분포하고 있었다. 다릅나무가 우점하는 곳의 A층 토양수분함량 평균은 35.6%, B층은 34.4%이었고, 토양 pH의 A층과 B층 평균은 모두 5.2로 나타나 약산성을 보였다.

2.2 연구방법

다릅나무의 입지 특성과 생장 양상 등을 파악하기 위하여 다릅나무가 우점하고 있는 임분을 대상으로 각각 30m×30m 조사구를 28곳 설정하여 매목조사 및 지형 특성을 조사하고, 조사구의 토양을 채취하여 토양분석을 실시하였다. 연구 대상지내(121임반, 122임반, 123임반, 124임반, 125임반) 다릅나무의 성장비교를 위하여 해발고 약 100m 간격으로 5곳의 조사구에서 평균목을 각각 2그룹씩 전체 10그룹을 선택하여 수간석해를 하였다. 수간석해를 실시한 조사구는 11번(68년생과 66년생, 840m), 1번(36년생과 33년생, 능선, 920m), 2번(34년생과 33년생, 능선, 1,020m), 5번(51년생과 49년생, 능선, 1,080m), 6번(56년생과 42년생, 능선, 1,170m)으로서 모두 능선에 분포하고 있었다.

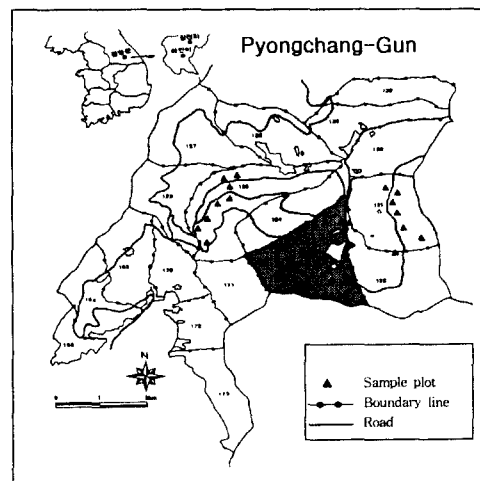


Fig. 1. Locations of sample plots in Mt. Joong-Wang

결과 및 고찰

3.1 다릅나무림의 임분구조

3.1.1 식생현황

Table 1은 다릅나무가 출현한 임분의 임분 구조를 나타낸 것이다. 다릅나무가 출현한 전 지역에서 신갈나무가 상층과 중층에 걸쳐서 우점하고 있으며, 물푸레나무가 중층을 주로 이루고 있다. 고로쇠나무, 느릅나무, 피나무는 중층과 관목층에서 다수 나타나고 있으며, 산뽕나무는 주로 관목층에서 나타나고 있다. 이 중 피나무는 상대빈도가 2.49%로 비교적 낮아 부분적인 군집상을 보이고 있다. 한편 소나무는 0.50%의 상대밀도에 불과한 반면, 상대피도

가 1.00%로써 일부 지역에 한정되어 대경목으로 소수 분포하고 있음을 알 수 있다. 관목층 및 하층으로는 노린재, 함박꽃나무, 철쭉, 개암나무, 쪽동백, 생강나무 등이 일부 자라고 있으나, 전체적으로는 조릿대가 하층에 밀생하여 자라고 있다.

3.1.2 다릅나무림의 직경급 분포

조사구별 다릅나무의 조사구별 직경급 분포는 Table 2와 같다. 다릅나무 조사구 28개 모두 2~10cm급의 소경목 비율이 대부분을 차지하고 있으며 해발 820m의 조사구 9에서 41cm 이상의 대경목이 나타났을 뿐 다른 지역에서는 전혀 나타나지 않았다. 조사구내에서 다릅나무

Table 1. Importance value(IV) of *Maackia amurensis* forest

Species	RD	RF	RC	IV
<i>Quercus mongolica</i>	15.57	6.97	36.15	58.69
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	10.61	5.97	10.56	27.14
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	12.52	5.72	4.64	22.89
<i>Acer mono</i>	9.61	5.97	6.01	21.59
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	7.06	5.72	5.63	18.41
<i>Tilia amurensis</i>	4.05	4.23	3.81	12.09
<i>Morus bombycis</i>	4.28	5.22	1.29	10.79
<i>Euonymus sachalinensis</i>	1.59	2.49	5.31	9.39
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	3.10	4.98	0.16	8.23
<i>Maackia amurensis</i>	0.87	6.97	0.32	8.15
<i>Betula davurica</i>	1.00	1.24	5.39	7.64
<i>Pinus koraiensis</i>	3.42	1.00	1.51	5.92
<i>Phellodendron amurense</i>	1.00	3.73	1.18	5.92
<i>Betula costata</i>	0.96	2.24	2.25	5.44
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>villosa</i>	2.37	2.74	0.11	5.22
<i>Populus davidiana</i>	0.91	2.49	1.72	5.11
<i>Magnolia sieboldii</i>	2.09	2.49	0.48	5.06
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	3.42	1.24	0.24	4.90
<i>Pinus densiflora</i>	0.50	1.24	2.87	4.61
<i>Cornus controversa</i>	1.23	1.99	1.35	4.57
<i>Carpinus cordata</i>	1.78	1.74	0.98	4.49
<i>Styrax obassia</i>	2.96	1.00	0.38	4.34
<i>Abies holophylla</i>	0.64	1.74	1.44	3.82
<i>Lindera obtusiloba</i>	1.23	2.24	0.08	3.54
<i>Kalopanax pictus</i>	0.59	1.74	1.00	3.34
<i>Salix glandulosa</i>	0.87	1.49	0.93	3.29
<i>Prunus sargentii</i>	0.55	1.99	0.44	2.98
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.87	1.74	0.11	2.71
<i>Sorbus commixta</i>	0.68	1.49	0.43	2.61
<i>Juglans mandshurica</i>	0.27	0.75	1.09	2.11

의 고사목을 많이 발견할 수 있었는데, 이는 다릅나무의 출엽시기가 다른 활엽수종보다 약 1개월 가량이 늦어 활엽수종의 출엽시기 차이로 인한 광의 경쟁에서 도태되거나, 유묘에서는 나타나지 않지만 성목에서 나타나는 수피의 터짐현상으로 인하여 근주부분이나 줄기의 중간부분이 부패되어 더 이상 성장하지 못하고 고사되는 현상에 기인한 것으로 판단된다.

다릅나무의 갱신양상은 1997년 산림작업이 실시된 지역 중 이단림화작업지에서 상층에 다릅나무가 존재하지 않고 있으나 135본/ha의 갱신치수가 조사되었다. 또한 갱신되고 있는 치수들의 근원경을 측정 한 결과 물푸레나무(0.4cm) 등 다른 수종들에 비해 다릅나무의 평

균직경이 약 1cm로 가장 크게 나타나고 있다.

다릅나무의 직경급 분포는 매우 다양하게 나타났는데 직경분포의 경향을 비교하여 대표적 인 4개의 임분으로 나눌 수 있었다(Fig. 2).

첫 번째(Type I)는 20cm 이하의 직경급이 분포하는 임분으로 교란 후 다릅나무가 침입한 지역으로 2차 천이의 초기 단계인 임분이다.

두 번째(Type II)는 제 1형에서 천이가 더욱 진행된 임분으로 상층이 어느정도 울폐되어 다릅나무의 천연갱신은 더 이상 이루어지지 않으며, 광 등의 입지 환경 경쟁으로 어린 치수가 고사한 임분이다.

세 번째(Type III)는 제 2형에서 천이가 더욱 진행된 임분으로 다릅나무가 상층을 우점하

Table 2. Number of *Maackia amurensis* (*Ma*) trees by DBH class

Plot no.	Distribution of DBH class (cm)											
	2 ~ 10		11 ~ 20		21 ~ 30		31 ~ 40		41 ~ 50		51 ~	
	Total	<i>Ma</i>	Total	<i>Ma</i>	Total	<i>Ma</i>	Total	<i>Ma</i>	Total	<i>Ma</i>	Total	<i>Ma</i>
1	265	20	74	6	21	-	-	-	1	-	-	-
2	232	21	44	13	12	1	8	-	2	-	-	-
3	141	6	69	27	16	6	2	-	-	-	-	-
4	95	24	70	41	13	2	3	-	-	-	-	-
5	71	43	70	41	13	-	2	-	1	-	-	-
6	52	12	44	31	9	-	4	-	3	-	-	-
7	24	4	44	29	42	8	2	-	-	-	-	-
8	52	17	36	18	1	-	-	-	-	-	-	-
9	93	-	33	3	11	5	7	1	2	1	-	-
10	222	4	18	4	11	1	-	-	5	-	3	-
11	136	5	30	17	8	6	4	-	1	-	-	-
12	322	27	30	4	7	-	3	-	2	-	2	-
13	78	3	16	1	7	3	6	-	3	-	1	-
14	215	9	24	8	20	6	3	-	1	-	1	-
15	176	11	41	10	4	1	-	1	-	-	-	-
16	196	32	59	35	6	-	4	-	-	-	-	-
17	80	1	44	5	14	-	2	1	-	-	-	-
18	8	3	42	13	11	-	1	-	-	-	-	-
19	58	3	42	12	-	-	-	-	-	-	-	-
20	37	8	27	6	8	-	-	-	-	-	-	-
21	111	12	70	19	10	1	1	-	1	-	-	-
22	92	27	32	5	5	-	1	-	-	-	-	-
23	18	4	40	17	11	2	2	-	1	-	2	-
24	41	3	32	16	9	3	-	-	-	-	-	-
25	99	56	46	38	3	-	2	-	-	-	-	-
26	18	4	30	19	15	-	3	-	-	-	1	-
27	169	52	16	6	3	-	2	-	1	-	-	-
28	114	49	31	15	6	-	1	-	-	-	-	-
Total	3,215	460	1,154	459	296	45	63	3	24	1	10	-

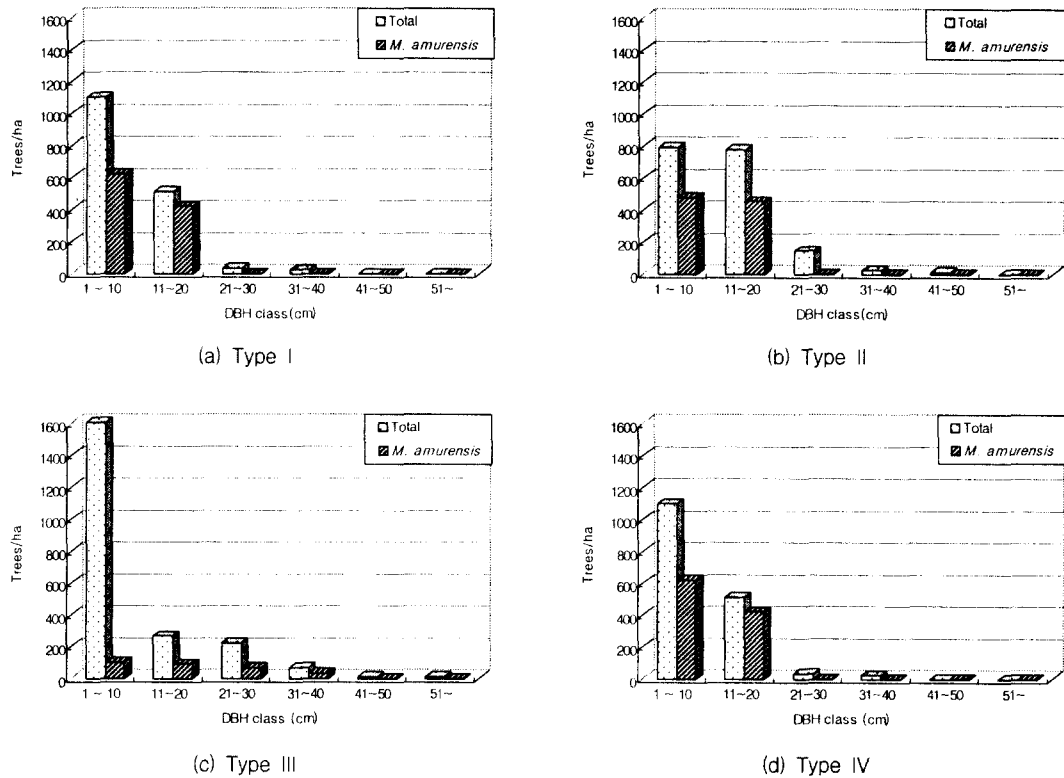


Fig. 2. DBH distribution for four forest types of *Maackia amurensis*

고 있으며 20cm 이하의 소경급도 일부 발생하였는데, 이는 부분적인 교란이 발생한 것으로 판단된다. 하지만 다른나무의 경우 양수로서 매우 큰 숲 틈이 발생하지 않으면 초기의 생장이 불량하여 조사지역의 중층을 우점하는 당단풍과 고로쇠나무 등과의 경쟁에서 고사할 것으로 판단된다.

네 번째(Type IV)는 직경급 20cm이하의 다른나무가 매우 적으며 상층의 대부분을 다른나무가 우점하고 있는 임분으로 다른나무의 천연갱신이 이루어지지 않아 현재 중층과 하층을 우점하고 있는 고로쇠나무, 복장나무, 난티나무 등의 임분으로 발달할 것으로 예측된다.

모든 조사지역에서 전체 수종의 직경급 분포는 역 J형을 보였지만 다른나무의 직경급 분포에서 제 1형을 제외한 다른 직경급 분포에서 역 J형 분포는 나타나지 않았다. 따라서 다른나무는 교란 후 초기에 침입하는 천이 초기 수종으로서 앞으로 임분발달이 진행되면 다른나무

가 우점하는 지역은 더욱 줄어들 것으로 생각된다.

3.2 해발고에 따른 다른나무의 입지별 성장량

다른나무는 층층나무, 거제수나무와 같이 선구 수종으로 어려서는 군집성이 다소 있으나 성장하면서 광에 대한 요구도가 많아지고 수종간 광에 대한 경쟁으로 수형은 1997년 조사되었던 층층나무(이, 1997)와 마찬가지로 역삼각형에 가까운 형태를 취하고 있다. 1997년에 조사된 층층나무의 수령(65년생, 60년생, 61년생, 43년생)과는 비슷한 수령을 보이거나 고로쇠나무의 수령(200년생, 92년생, 206년생, 227년생, 92년생 등; 이, 1997)에 비해서는 매우 낮아 교란 이후 아직 완숙단계에 들어가지 않은 임분으로 판단된다.

5개 조사구 10그룹의 다른나무의 수고생장은 공통적으로 10년경까지 평균 수고성장량이 급격한 증가를 보여 어떤 해는 최고 0.6m에 가

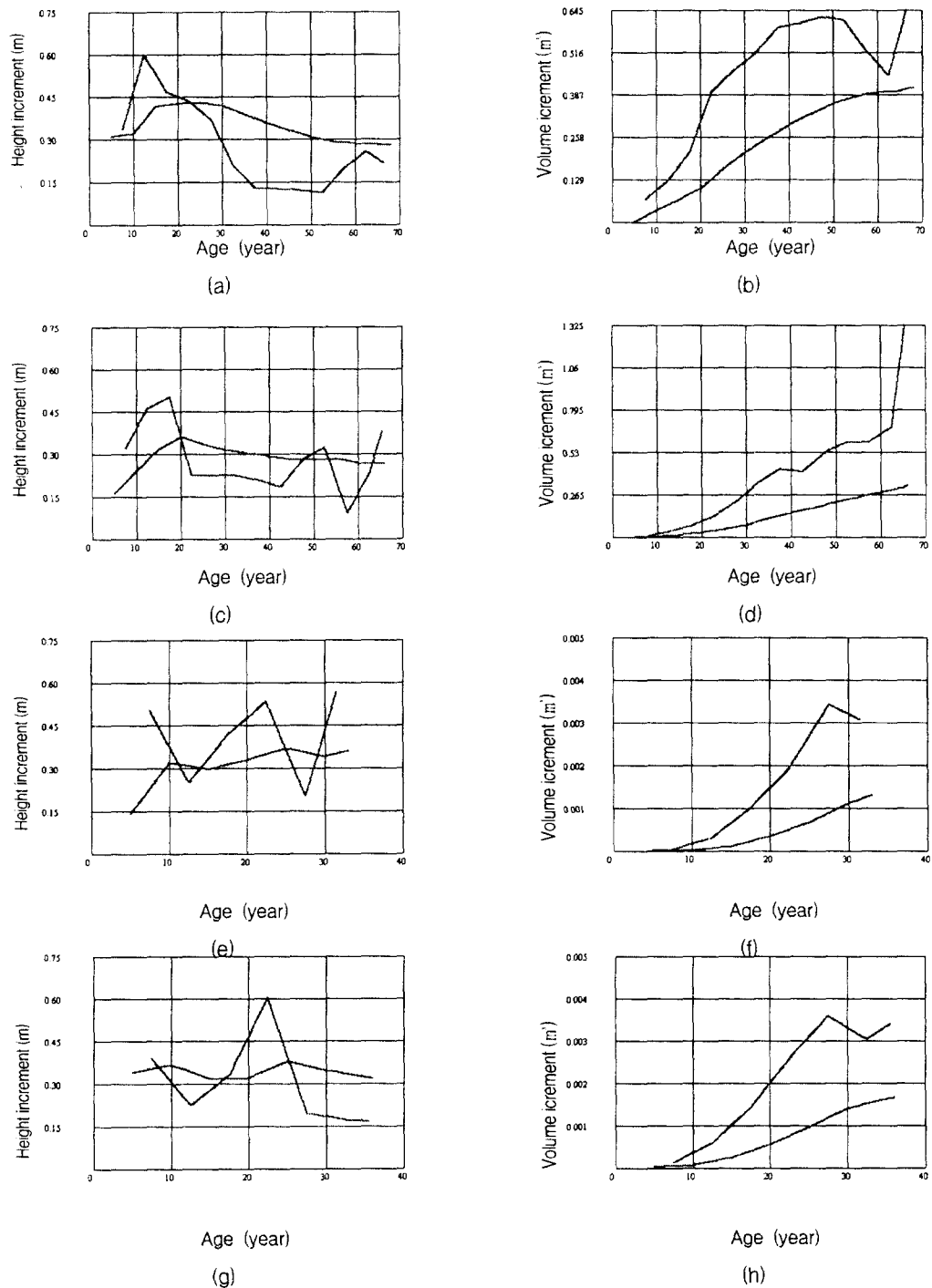


Fig. 3. Height and volume increment of *Maackia amurensis* by altitude

(a, b) 68-year-old tree grown at 840m from the sea level

(c, d) 66-year-old tree grown at 840m from the sea level

(e, f) 33-year-old tree grown at 920m from the sea level

(g, h) 36-year-old tree grown at 920m from the sea level

— MAI (Mean annual increment)
 — Annual increment

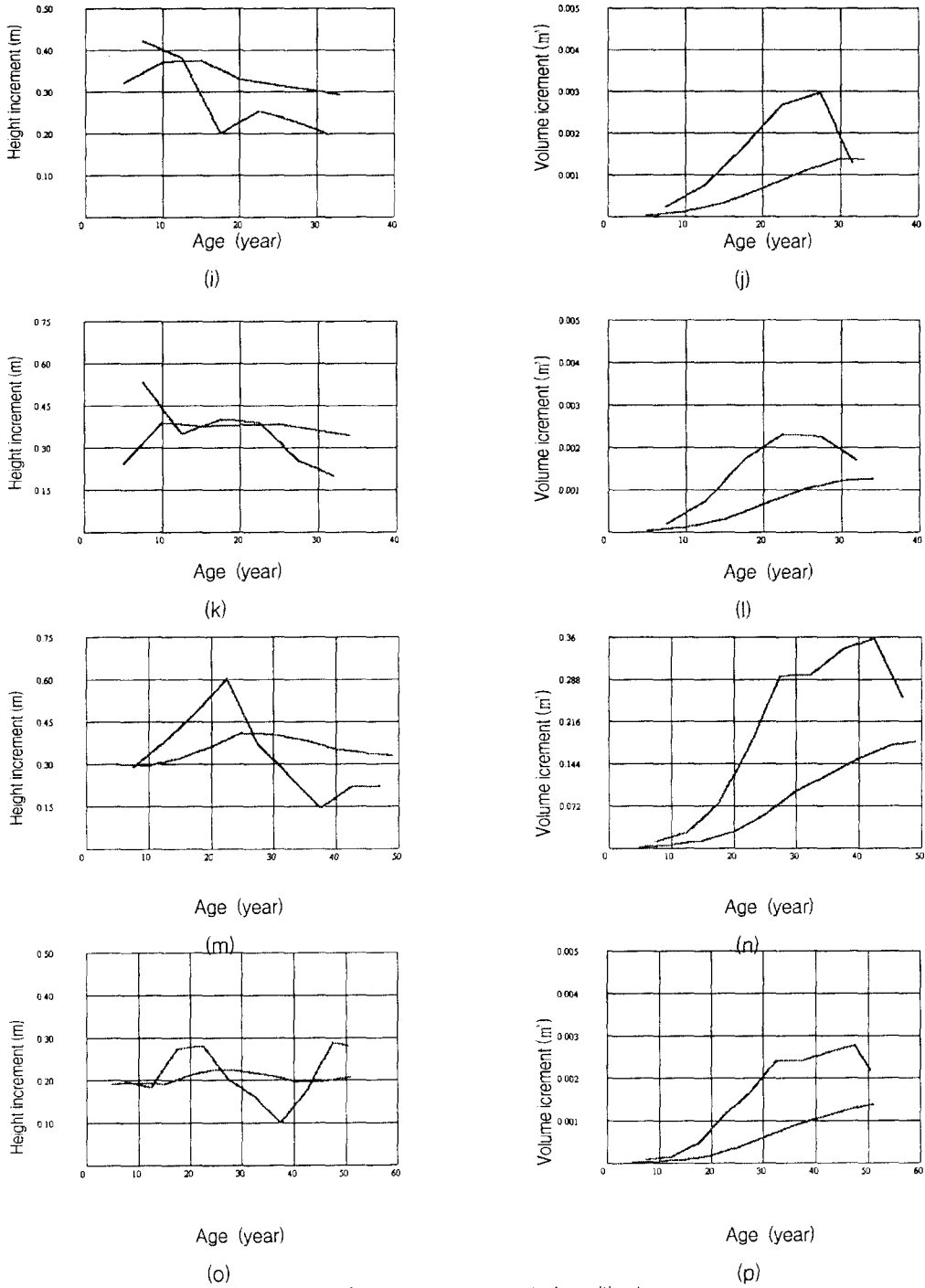


Fig. 3-1. Height and volume increment of *Maackia amurensis* by altitude

(i, j) 33-year-old tree grown at 1,020m from the sea level
 (k, l) 34-year-old tree grown at 1,020m from the sea level
 (m, n) 49-year-old tree grown at 1,080m from the sea level
 (o, p) 51-year-old tree grown at 1,080m from the sea level

— MAI (Mean annual increment)
 — Annual increment

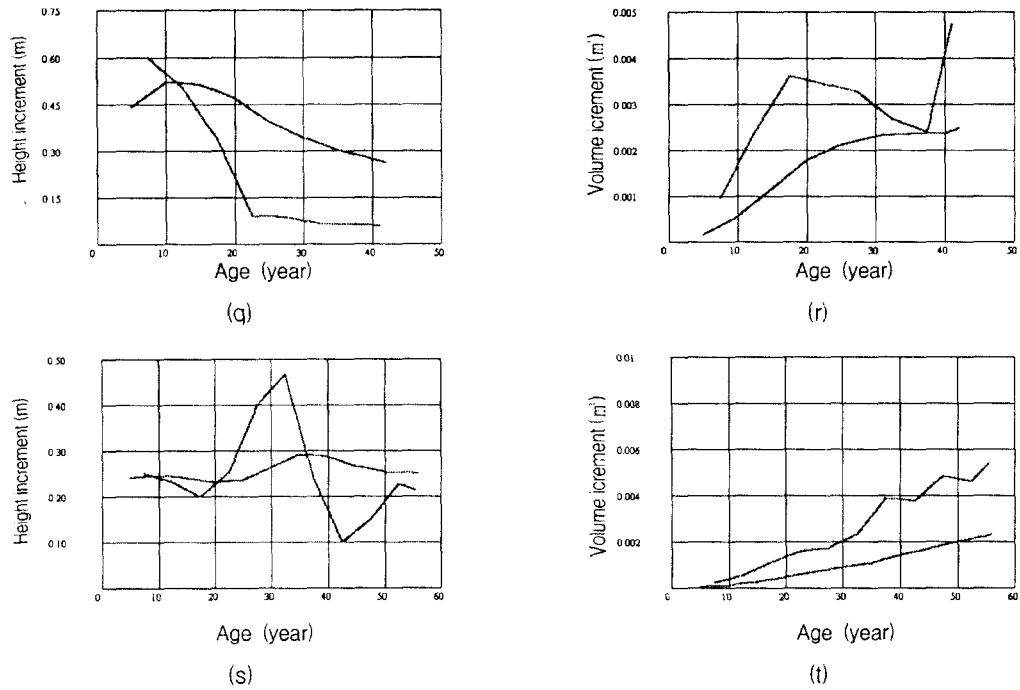


Fig. 3-2. Height and volume increment of *Maackia amurensis* by altitude

(q, r) 42-year-old tree grown at 1,170m from the sea level
 (s, t) 56-year-old tree grown at 1,170m from the sea level

— MAI (Mean annual increment)
 - - - Annual increment

고 있는 다른나무의 경우 벌기령에는 도달하지 않았으나 28년 이후 연년생장량이 급격히 감소하고 있어 경제적 벌기령은 33년에서 40년경이 될 것으로 판단된다(Fig. 3 i, j, k, l). 해발 920m와 1,020m에 생육하는 다른나무는 초기 생장이 상당히 빨랐으나 10년 이후 수고생장이 감소하였으며 선구 수종인 거제수나무가 20년을 전후하여 연년 수고 성장량과 총평균 성장량 곡선이 만나 이후에 점차 수고생장이 감소하였던 결과(이, 1998)와 비교할 때 해발 920m에 생육하는 다른나무는 비슷한 결과를 나타냈다. 그러나 해발 1,020m에 생육하는 다른나무는 12년 이후 수고생장이 감소하는 경향을 나타냈다. 상대적으로 저지대에서 생육하는 임목에 비해 시간의 경과에 따라 수고생장이 빠르게 감소하는 경향은 고지대에서 수고생장이 억제된다는 다른 연구결과와 유사하다(Bella 1971, Kimmins 1987, Runkle 1982).

해발 1,080m에 생육하는 51년생 다른나무는

수고생장의 변이가 매우 심하여 수령 17년경까지 0.19m정도의 생장을 보이다가 23년 이후 급격히 감소하여 37년경까지 감소하고 있는데 이때는 주변의 다른 나무에 의해 피압을 받고 있는 것으로 보인다. 그러나 수고성장량에 비해 재적성장량은 꾸준한 증가를 보이고 있으며 48년 이후 급격한 감소를 나타내고 있다. 수령 30년일 때 0.006m³을 나타내어 920m와 1,020m에 생육하는 다른나무(30년, 0.001m³)에 비해 월등히 높은 재적성장량을 나타내었다. 수고생장이 먼저 감소하면서 30년 이후 재적성장 또한 감소하다가 38년경 수고생장이 급격하게 증가하면서 재적성장 또한 증가함을 나타냈다(Fig. 3 m, n). 49년생 다른나무는 수령 23년일 때 0.6m까지 지속적인 증가를 보이다가 0.6m 이후 수령 38년경까지 지속적인 감소를 나타냈으나 38년 이후 증가하는 경향을 나타냈다. 이것은 주변목의 고사 등으로 경쟁이 완화되면서 일시적인 재유령화를 보인 것으로 생각되며,

Red fir의 경우 수령 200년 이상에서도 재유령화를 보인다는 보고도 있다(Kubota 1995, Tilman 1986). 정기평균 재적성장량은 28년까지 급격히 증가하다가 33년까지 일정한 값을 나타냈다. 그러나 33년 이후 43년까지 약 10년 정도 증가하다가 급격한 감소를 나타내고 있다. 수령 30년일 때 0.096m³으로 다른 나무에 비해 월등히 높은 재적생장을 나타내고 있다. 해발 1,080m에 생육하는 49년생 다릅나무의 경우 경제적 벌기령은 50년 이상이 될 것으로 판단된다(Fig. 3 o, p).

해발 1,170m에 생육하는 56년생 다릅나무는 초기에 수고 성장 변동폭이 크고 33년 이후 급격한 성장감소를 보였다가 43년 이후 다시 증가하는 경향을 보이고 있다. 정기평균 재적성장량은 수령 30일 때 0.002m³을 보였으나 점차 증가하여 수령 50년일 때 0.005m³을 나타냈다. 정기평균 재적성장량이 계속적인 증가 추세를 보이고 있어 56년생 다릅나무의 벌기령은 추정하기 어렵다(Fig. 3 q, r). 42년생 다릅나무의 정기평균 수고성장량은 초기의 0.6m에서 계속 감소하여 20년 이후 0.1m이하의 저조한 성장양상을 보이고 있다. 그러나 정기평균 재적성장량은 18년경까지 0.003m³정도로 계속적인 증가를 보이다가 0.003m³ 이하로 감소하였고 37년경부터 다시 0.004m³의 높은 재적성장량을 나타내고 있다(Fig. 3 s, t).

결 론

1. 다릅나무의 수고 성장은 모든 입지에서 평균 10년까지 평균 수고 성장량이 급격한 증가를 보이다가 점차 감소하는 경향을 보였다. 특히, 해발 1,020m 이상에서 자라는 다릅나무는 그 이하의 해발고에서 자라는 다릅나무에 비해 12년 이후 수고생장이 감소하는 경향을 보였다.

2. 다릅나무는 유리한 환경에서 매우 빠른 초기 수고생장과 재적 성장을 보여 물질 생산력이 높은 것으로 나타나 층층나무와 거제수나무와 같은 초기침입수종이 가지는 성장전략을 보여주었다.

3. 천연림에서 다릅나무의 경제적 벌기령은 50년 이상인 것으로 나타났으며, 특히 해발

840m에서는 경제적 벌기령이 60년 이상으로 나타나 고지대에 비해 더 우수한 성장을 보여 주고 있었다.

4. 해발고도가 낮을수록 다릅나무의 재적성장량은 증대되었다.

5. 다릅나무는 수령 40년 이상에서도 경쟁목의 고사 등으로 주변 환경이 개선되면 재적성장량이 크게 증가하는 특성을 보였다.

인용문헌

- Bella, I. E. 1971. A new competition model for individual trees. *For. Sci.* 17: 364-372.
- Kimmins, J.P., 1987. *Forest Ecology*. Macmillian. N.Y. 531pp.
- Kubota, Y. and T. Hara. 1995. Tree competition and species coexistence in a sub-boreal forest, Northern Japan. *Ann. Bot.* 76: 503-512.
- Runkle, J.R. 1982. Pattern of disturbance in some old-growth mesic forest of eastern North America. *Ecol.* 63: 1533-1546.
- Satoo, T. 1974. Primary production relation in a plantation of *Larix leptolepis* in Hokkaido. *Bull. Tokyo Uni. For.* 66: 119-126.
- Tilman, D. 1986. Resource, Competition and the Dynamics of Plant Communities. Pages 51-76 in M.J. Cowley(ed). *Plant Ecology*. AP. N.Y.
- Yim, Y.J. 1977. Distribution of vegetation and climate in the Korean peninsula. *Jap. J. Ecol.* 27: 177-189.
- 이돈구 외. 1992. 국유림 경영 현대화 산학협동 실연 연구보고서(III). 산림청. 420pp.
- 이돈구 외. 1995. 국유림 경영 현대화 산학협동 실연 연구보고서(VI). 산림청. 304pp.
- 이돈구 외. 1996. 국유림 경영 현대화 산학협동 실연 연구보고서(VII). 산림청. 305pp.
- 이돈구 외. 1997. 국유림 경영 현대화 산학협동 실연 연구보고서(VIII). 산림청. 291pp.
- 이돈구 외. 1998. 국유림 경영 현대화 산학협동 실연 연구보고서(IX). 산림청. 427pp.